

Finite Elemente Analysen zur Berechnung der Signalverarbeitung in der Cochlea

Habilitationsschrift

verfaßt und dem Rat der Fakultät für Informatik und Automatisierung
der Technischen Universität Ilmenau

zur

Erlangung des akademischen Grades
Doktoringenieur habitatus (Dr.-Ing.habil.)

vorgelegt von

Dr.-Ing. Frank Böhnke

Fürsprecher: Prof. Dr.-Ing. habil. Herrmig, TU Ilmenau

Prof. Dr.-Ing. Hrovetz, Uni München

Prof. Dr.-Ing. Zimmermann, Uni G. Zinckesbach

München

Vortrag und Kolloquium am 11.07.2000

Vollzug am 27.09.2000

Darf.-Nr.: 1A 78

Finite Elemente Analysen zur Berechnung der Signalverarbeitung in der Cochlea

1	Einführung	1
2	Problemanalyse	3
2.1	Historie anatomischer Analyse der Cochlea	3
2.2	Entwicklungen physikalischer Modelle der Wellenausbreitung in der Cochlea	8
3	Kontinuumsmechanik und numerische Lösungsverfahren	11
3.1	Feldgrößen, Gruppengleichungen und Berechnungsverfahren der Kontinuumsmechanik	11
3.2	Ausgewählte Kapitel der Elastizitätstheorie	20
3.3	Nichtlineare strukturelle Analysen	29
3.4	Hydrodynamik und lineare Viskoelastizität	38
3.5	Hydrodynamik und lineare Viskoelastizität	50
3.6	Statische, modale, harmonische und transiente Analysen	53
4	Die Cochlea	61
4.1	Anatomie der Cochlea	61
4.2	Dreidimensionales geometrisches Modell der Cochlea	69
4.3	Finite Elemente, Diskretisierung und Randbedingungen	72
4.4	Lösungen und Vergleich mit Messungen	75
5	Das Corti-Organ	79
5.1	Morphologie des Corti-Organ	79
5.2	Dreidimensionale Modelle des passiven Corti-Organ	88
5.3	Finite Elemente, Diskretisierung und Randbedingungen	92
5.4	Lösungen und Vergleich mit Messungen	102
5.4.1	Statische Analysen	102
5.4.2	Spektralanalysen mit Tonpaaren	106
6	Die äußere Haarzelle	110
6.1	Morphologie und mechanische Eigenschaften	110
6.2	Zylinderschalen-Modelle der äußeren Haarzellwand	115
6.3	Mechanoelektrisches Verhalten der äußeren Haarzelle	119

7	Die Stereozilien und die Tektorialmembran	122
7.1	Morphologie und Idealisierung der Stereozilien	122
7.2	Morphologie und Idealisierung der Tektorialmembran	126
7.3	Kopplungen der Stereozilien	133
8	Der cochleäre Verstärker	137
8.1	Aktives lineares System	137
8.1.1	Finite Elemente Modell und externe Anregung	137
8.1.2	Lösungen und Vergleich mit Messungen	140
8.2	Aktives nichtlineares System	144
8.2.1	Finite Elemente Modell mit nichtlinearer äußerer Haarzellfunktion	144
8.2.2	Lösungen und Diskussion	145
9	Ausblick auf weiterführende Arbeiten und neue theoretische Ansätze	150
10	Zusammenfassung	152
11	Literatur	155
12	Symbolverzeichnis und Abkürzungen	168

Danksagung